

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

META-ANÁLISE DA RELAÇÃO DA RACTOPAMINA COM VARIÁVEIS DE
DESEMPENHO E CARÇAÇA EM SUÍNOS

Autora: Giuliana de Abreu Freitas Marques

Trabalho apresentado à Faculdade de
Veterinária como requisito parcial para a
obtenção da graduação em Medicina
Veterinária

Orientador: Luciano Trevizan

PORTO ALEGRE

2018/2

RESUMO

A ractopamina é um promotor β -adrenérgico, amplamente utilizado em dietas para suínos na fase de terminação, geralmente em um período de três a cinco semanas pré-abate, com o objetivo de reduzir a deposição de gordura, aumentar deposição muscular e a porcentagem de carne magra na carcaça dos suínos. O objetivo deste trabalho foi realizar uma meta-análise acerca da associação da ractopamina com variáveis de desempenho e carcaça em suínos. A base de dados utilizada contemplou 69 artigos publicados de 2000 a 2018. A meta-análise foi realizada por meio de análises gráficas, para observar coerência biológica dos dados; de correlação, para identificar variáveis correlacionadas; e de variância-covariância, para comparar grupos e obter equações de predição. Foi observado efeito ($P < 0,05$) da adição da ractopamina sobre as variáveis de desempenho, consumo médio diário de ração (-1,43%), ganho médio diário de peso (13,42%) e conversão alimentar (-12,56%). Não foi constatado efeito ($P > 0,05$) da adição de ractopamina sobre o peso de carcaça quente e fria, rendimento de carcaça quente e fria, porcentagem de carne magra, profundidade de músculo, espessura de toucinho e comprimento de carcaça. A ractopamina aumentou ($P < 0,05$) a área de olho de lombo das carcaças (9,72%).

Palavras-chave: Suínos. Beta-adrenérgico.

ABSTRACT

Ractopamine is a β -adrenergic receptor agonist widely used in finishing pig diets, usually in pre-slaughter period of three to five weeks, with the aim of reducing fat deposition, increasing muscle deposition and the percentage of lean meat in pig carcass. The objective of this study was to perform a meta-analysis on the association of ractopamine with performance and carcass variables in pigs. The database used included 69 articles published from 2000 to 2018. The meta-analysis was performed through graphical analyzes (to observe biological data coherence), correlation (to identify correlated variables) and variance-covariance analyzes (to compare groups and obtain prediction equations). It was observed an effect ($P < 0.05$) of the addition of ractopamine on the variables of daily average feed consumption, mean daily weight gain and feed conversion. No effect ($P > 0.05$) of the addition of ractopamine was observed on carcass variables such as hot and cold carcass weight, warm and cold carcass yield, lean meat percentage, muscle depth, backfat thickness and carcass length. It was observed effect ($P < 0.05$) of the addition of ractopamine in the carcass variable loin eye area.

Keywords: Pig. Beta adrenergic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Relação entre as concentrações de ractopamina testadas com o peso dos animais e a duração dos estudos que compõem a base de dados.....	16
Figura 2 -	Dispersão de variação do consumo médio diário de ração dos animais alimentados com dietas contendo ractopamina em função do consumo médio diário de ração do grupo controle utilizando a equação $y = 9,63 - 3,667 x$, $R^2 = 0,60$	18
Figura 3 -	Dispersão de variação de ganho médio diário de peso dos animais alimentados com dietas contendo ractopamina em função do ganho médio diário de peso do grupo controle utilizando a equação $y = 36,32 - 23,72 x$, $R^2 = 0,54$	19
Figura 4 -	Dispersão de variação de conversão alimentar dos animais alimentados com dietas contendo ractopamina em função da conversão alimentar do grupo controle utilizando a equação $y = 3,60 - 5,22 x$, $R^2 = 0,48$	20
Figura 5 -	Dispersão de variação de área de olho de lombo dos animais alimentados com dietas contendo ractopamina em função da área de olho de lombo do grupo controle utilizando a equação $y = 20,53 - 0,25 x$, $R^2 = 0,53$	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Efeito da suplementação de dietas com ractopamina sobre as variáveis de desempenho, rendimento e coloração de carcaça de suínos.....	17
Tabela 2 -	Variação do efeito da adição da ractopamina (%) sobre o desempenho do grupo controle.....	18

LISTA DE ABREVIATURAS

AMPc	Monofosfato cíclico de adenosina
AOL	Área de olho de lombo
ATP	Trifosfato de adenosina
CA	Conversão alimentar
CC	Comprimento de carcaça
CMD	Consumo médio diário de ração
EP	Espessura de toucinho
GMD	Ganho médio diário de peso
PCF	Peso de carcaça fria
PCM	Porcentagem de carne magra
PCQ	Peso de carcaça quente
PM	Profundidade de músculo
RAC	Ractopamina
RCF	Rendimento de carcaça fria
RPCQ	Rendimento do peso de carcaça quente
L*	Luminosidade
a*	Coordenada cromática vermelho/verde
b*	Coordenada cromática amarelo/azul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	RACTOPAMINA – REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	Conceito e classificação	10
2.2	Modo de ação	11
2.3	Efeitos da ractopamina no músculo esquelético e tecido adiposo	11
2.3.1	Músculo esquelético	12
2.3.2	Tecido adiposo.....	12
2.4	Fatores que influenciam na resposta à ractopamina.....	13
3	METODOLOGIA	15
4	RESULTADOS.....	17
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
	REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

A carne suína é a mais consumida no mundo, representando 37% de todo o consumo de proteína animal. China, União Europeia e Estados Unidos lideraram a produção no ano de 2017. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de carne suína, sendo que no ano de 2017 produziu 3,75 milhões de toneladas, o que corresponde a 3% da produção mundial. De sua produção de 2017, 81,5% ficou no mercado interno e, 18,5% foi exportado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2018).

Entre os exportadores no ano de 2017, União Europeia, Estados Unidos e Canadá, lideraram o ranking. O Brasil é o quarto maior exportador mundial, equivalente a 9% das exportações, 697 mil toneladas. Os principais compradores de carne suína brasileira foram Rússia, Hong Kong e China (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2018). Segundo a Perspectiva Agrícola da OCDE-FAO 2018-2027, países asiáticos como China, Filipinas, Tailândia e Vietnã, que tradicionalmente consomem carne suína, estão aumentando o consumo devido a condições econômicas favoráveis. No entanto, a perspectiva de consumo em todo mundo permanece estável, chegando a saturação em países mais desenvolvidos (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2017).

Para manter o mercado consumidor da carne suína é necessário priorizar não somente as propriedades organolépticas e o preço, mas também atender demandas importantes dos consumidores atuais, que estão cada vez mais atentos à qualidade sanitária, origem, bem-estar animal e benefícios para a saúde.

A carne suína pode ganhar cada vez mais mercado devido as suas características nutricionais de alimento magro e saudável. As gorduras subcutâneas, que representam 70% da gordura total, são eliminadas na separação de peças. As gorduras intermusculares, que representam 28%, são retiradas na hora de aparar as peças e no momento do consumo. Por fim, as gorduras intramusculares representam uma parte muito pequena da gordura total, inferior a 2%. Assim, a carne suína apresenta um teor lipídico inferior a 5% e fornece alta concentração de nutrientes em relação ao seu valor energético (ROPPA, [1998?]).

Para atender essa demanda do mercado, alia-se seleção genética de animais magros e nutrição adequada. Na alimentação, podem ser utilizados aditivos nutricionais e não nutricionais que visam melhorar características de carcaça e também aspectos sanitários e zootécnicos. O termo aditivo inclui todas as substâncias adicionadas às rações com a

finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades, desde que não prejudique seu valor nutritivo (DA SILVA, 2014).

A ractopamina (RAC), um promotor β -adrenérgico utilizado como repartidor de energia, é amplamente utilizada em dietas para suínos na fase de terminação, geralmente em um período de três a cinco semanas pré-abate, com o objetivo de reduzir a deposição de gordura e aumentar deposição muscular e a porcentagem de carne magra na carcaça dos suínos. Dessa forma, o uso de RAC pode atender às exigências de mercado por carne magra e também promover melhor aproveitamento dos nutrientes fornecidos via dieta. Estudos prévios mostraram que o efeito desse aditivo pode ser influenciado por fatores como genética, tempo de suplementação, dosagem e características do programa nutricional, assim como há resultados diversos sobre desempenho e características de carcaça de animais tratados com RAC.

Levando essas questões em consideração, o estudo meta-analítico possibilita integrar dados já publicados e obter novos resultados, explorar resultados contraditórios, aumentar precisão analítica, obter melhor representatividade, planificação e geração de uma nova hipótese.

2 RACTOPAMINA – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito e classificação

De acordo com a legislação brasileira dada pela Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004, que aprovou o regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal, o termo – aditivo – é definido como sendo uma substância, micro-organismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios e atenda às necessidades nutricionais (BRASIL, 2004).

Os aditivos podem ser classificados em dois grandes grupos: nutricionais e não-nutricionais. A primeira classe é composta principalmente por vitaminas e aminoácidos, e a segunda classe por antibióticos promotores de crescimento, probióticos, prebióticos, extratos vegetais, acidificantes, enzimas, entre outros (DA SILVA, 2014). Ambas as classes atuam para redução de problemas sanitários e melhor desempenho zootécnico. O aumento da produtividade se dá através do aumento no ganho de peso ou da produção de leite, diminuição do tempo necessário para que se atinja o peso ideal para o abate com menor quantidade de alimento consumido. Também é possível que alguns aditivos promovam melhora nas qualidades organolépticas, de textura e diminuição do teor de gordura das carcaças (PALERMO NETO, 2002).

Dentre essas substâncias, a RAC, agonista β -adrenérgico da classe das fenetanolaminas, tem sido amplamente estudada por melhorar os índices de desempenho e as características de carcaça. A RAC foi o primeiro componente de sua classe a ter o uso aprovado pela agência reguladora dos Estados Unidos *Food and Drug Administration* como promotor de crescimento. A aprovação pela agência reguladora *Food and Drug Administration* para uso em suínos aconteceu em 1999, sob o nome comercial de Paylean® (Elanco Animal Health, Greenfield, IN). A maior parte dos países importadores da carne brasileira permite o uso de RAC na dieta animal, exceto Rússia, países do Bloco Europeu e China, que exigem ausência do uso de aditivos repartidores de energia na dieta animal.

2.2 Modo de ação

A RAC pertence a classe de compostos que se ligam aos receptores α e β -adrenérgicos, localizados na superfície da membrana celular. Os agonistas β -adrenérgicos são absorvidos no intestino delgado onde o pH mais neutro promove uma redução da ionização desses compostos, facilitando sua absorção (PALERMO NETO, 2002).

No metabolismo celular, a RAC influencia especialmente a célula adiposa e muscular. A ação se dá na superfície celular mas há a ativação de segundo mensageiro. As ações mediadas pela RAC ocorrem no interior da membrana celular após a estimulação do receptor β -agonista. O complexo agonista/receptor fixa-se sobre a proteína de ligação G na célula, que quando ativada, vai induzir uma modificação na fluidez da membrana, permitindo assim, o seu deslocamento lateral, o que leva à estimulação da ação catalítica da enzima adenilato-ciclase. Esta enzima, que se situa na face interna da membrana plasmática, participa da formação do AMPc (monofosfato cíclico de adenosina) a partir do ATP (trifosfato de adenosina), passando esta molécula a atuar como segundo mensageiro. O AMPc, por sua vez, ativa a proteína quinase, que conduz à fosforilação de enzimas, responsáveis pela resposta final. Estas enzimas, quando são fosforiladas, promovem respostas celulares que incluem: estimulação da lipólise, aumento da neoglicogênese, glicogenólise, aumento da insulina, glucagon e renina, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (MOODY, 2000; DA SILVA, 2014).

2.3 Efeitos da ractopamina no músculo esquelético e tecido adiposo

A RAC e outros agonistas de receptores β -adrenérgicos como o clenbuterol, salbutamol, terbutalina, cimaterol e isoproterenol, são conhecidos como “agentes de partição” por produzir aumento de eficiência alimentar, incremento da massa proteica corporal e redução dos teores de gordura corporal em animais de produção. Seus principais efeitos são percebidos no músculo esquelético e tecido adiposo, porém sabe-se que ocorrem efeitos sistêmicos sobre o sistema endócrino, metabolismo proteico, lipídico e glicídico, na eficiência alimentar e composição corporal (PALERMA NETO, 2002).

2.3.1 Músculo esquelético

Os agonistas β -adrenérgicos produzem hipertrofia do tecido muscular esquelético, sem hiperplasia. Essa hipertrofia pode ser consequência de um aumento da síntese de proteínas, de uma redução da degradação de proteínas, ou ambas as situações (PALERMO NETO, 2002). A deposição muscular da carcaça aumenta numa proporção maior do que o crescimento dos órgãos viscerais, o que é interessante para a indústria, pois é mais econômico processar carcaças mais pesadas, uma vez que os custos fixos, por unidade de peso, são diluídos em uma maior quantidade de produto (SCHINCKEL *et al.*, 2001).

Segundo Agostini *et al.* (2011), esse aumento na deposição do músculo pela hipertrofia do diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias, ocorre através da liberação de estímulos a partir de receptores especializados que desencadeiam processos bioquímicos relacionados com o AMPc. Os agonistas β -adrenérgicos aumentam o fluxo sanguíneo para certas regiões do corpo, e assim oferecem maior aporte de nutrientes para a síntese de proteínas no músculo esquelético, melhorando o processo de hipertrofia (MERSMANN, 1998).

O aumento de carne magra nas carcaças também pode ser atribuído a diminuição da degradação proteica, visto que os β -agonistas ativam sítios de fosforilação que aumentam a atividade da enzima calpastatina e esta inibe a ação das calpaínas, que são enzimas proteolíticas post-mortem (WATANABE *et al.*, 2012; VEDOVATTO *et al.*, 2014). Essa diminuição da proteólise permite que ocorra um aumento na massa corporal magra, sem um aumento proporcional das necessidades energéticas de manutenção, e pode ser comprovada por meio do decréscimo da excreção de 3-metil-histidina, produto do catabolismo proteico (WATANABE *et al.*, 2012).

2.3.2 Tecido adiposo

A diminuição de quantidade de gordura corporal através da diminuição do tamanho dos adipócitos, particularmente no tecido celular subcutâneo e intermuscular, é o efeito mais visível dos agonistas β -adrenérgicos. Os dados de literatura não são conclusivos, possivelmente esse efeito ocorre tanto pela redução da lipogênese quanto pelo aumento da lipólise (PALERMO NETO, 2002).

O aumento de aporte sanguíneo para o tecido adiposo causado pelos agonistas β -adrenérgicos pode transportar ácidos graxos não-esterificados para longe do tecido e melhorar o processo de degradação lipídica (MERSMANN, 1998).

A RAC inibe a ligação de insulina no receptor adrenérgico dos adipócitos, impedindo que ela promova a entrada de glicose, conversão em ácidos graxos e deposição de gordura. Há redução da lipogênese e da deposição de gordura particularmente no tecido subcutâneo e intermuscular (DA SILVA, 2014). Agonistas β -adrenérgicos também promovem o aumento na produção de AMPc que ativam quinases, que por sua vez fosforilam a enzima limitante da lipólise (Lipase Hormônio Sensível), que promove a quebra de triglicerídeos (MOODY, 2000; DA SILVA, 2014).

2.4 Fatores que influenciam na resposta à ractopamina

Moody (2000) afirma que fatores como genética, dieta, dosagem e duração da suplementação interferem na resposta da RAC. A seleção genética busca alto potencial para deposição de carne magra e diminuição das taxas de deposição de gordura da carcaça, portanto suínos selecionados geneticamente apresentam melhores resultados provavelmente pela maior quantidade de receptores β -adrenérgicos existentes nas células musculares e maior número de fibras musculares, expondo assim um maior número de células à ação dos agonistas β -adrenérgicos (BARK *et al.*, 1992).

Segundo o NCR (2012), o mecanismo de ação dos β -agonistas envolve aumento no gasto de energia e redirecionamento dos nutrientes da deposição lipídica para a deposição de carne magra. Animais que recebem RAC têm maior necessidade de aminoácidos essenciais e maior relação aminoácidos/energia metabolizável. Para gerar aumento no desempenho, é recomendável que dietas que incluem RAC sejam formuladas considerando exigências superiores de aminoácidos essenciais, especialmente de lisina digestível.

A resposta à RAC também varia em função da dose. Concentrações de 5 ppm já demonstram melhoras significativas no desempenho de ganho de peso diário e conversão alimentar. No entanto, níveis mais elevados (até 20 ppm) maximizam a deposição de carne magra na carcaça e a eficiência de aproveitamento da ração (SCHINCKEL *et al.*, 2001; DA SILVA, 2014).

A RAC é adicionada na ração na fase de terminação para melhorar a capacidade de conversão alimentar dos animais e a maior resposta ocorre nos primeiros 14 dias, antes de

haver uma redução lenta (SCHINCKEL *et al.*, 2001). Um período de utilização prolongado reduz o efeito devido a dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos, ou seja, o animal torna-se tolerante à RAC. A ação contínua do β -adrenérgico causa ativação de uma proteína quinase que ao fosforilar o receptor, o torna inativo e desacopla o complexo receptor-proteína de ligação-adenilato ciclase. Além disso, no espaço intracitoplasmático, o receptor β -adrenérgico pode ser consumido, acarretando diminuição no número de receptores celulares. A variação no número de receptores por unidade de sarcolema é denominada *down-regulation* (ROSSI, 2010). Um programa nutricional que aumente a dose de RAC adicionada à dieta após duas semanas de suplementação, ajustando as exigências nutricionais com o intervalo de peso, pode evitar a queda de resposta e maximizar os efeitos positivos provocados pelo aditivo (SEE, 2004).

3 METODOLOGIA

Visto que apenas um experimento não pode ser conclusivo para uma inferência, a comunidade científica produz diversos experimentos sobre um mesmo assunto e gera um elevado número de publicações, o que pode ser um problema para a seleção e análise qualificada da literatura. Ao integrar diferentes variáveis de artigos anteriormente publicados, a meta-análise possibilita obter novos resultados, síntese de resultados contraditórios, aumento da precisão analítica, melhor representatividade, ajuda para a planificação e geração de hipótese nova (LOVATTO *et al.*, 2007).

Com o objetivo de analisar os efeitos sobre desempenho e características de carcaça de animais alimentados com RAC, buscaram-se artigos científicos publicados de 2000 até 2018 em periódicos nacionais e internacionais. A busca das publicações foi realizada utilizando as principais ferramentas de busca em bancos de dados digitais (Google Scholar, ScienceDirect, Scielo e PubMed). Para a busca inicial, a palavra-chave ‘*ractopamine*’ foi utilizada em combinação com ‘*pig*’. Em seguida, as mesmas palavras foram testadas em outros idiomas (português, espanhol e francês). Após a identificação das publicações na área de pesquisa, os estudos foram criticamente avaliados em função de sua qualidade e relevância em relação aos objetivos da meta-análise. Os principais critérios de seleção das publicações foram: 1) adição de RAC nas dietas, 2) animais em fase de terminação, 3) definição da duração do uso de RAC, e 4) resultados que incluam avaliação de desempenho. As informações foram selecionadas nas seções do material e métodos e dos resultados de cada artigo e tabuladas em uma base elaborada em planilha de dados. Após a análise, 69 artigos foram selecionados para a coleta de dados. Os artigos datam de 2003 a 2018, com maior concentração nos anos de 2009 (12%), 2014 (13%) e 2015 (13%). Os países com maior número de publicações selecionadas para este estudo foram os Estados Unidos, com 51%, e o Brasil, com 36% do número total de artigos. Também foram selecionados artigos australianos, canadenses, sul africanos, um chileno, um mexicano e um venezuelano.

A metodologia utilizada para definir as variáveis dependentes e independentes e também para a organização das codificações seguiu as proposições descritas na literatura (LOVATTO *et al.*, 2007). Algumas codagens foram usadas como critério qualitativo de agrupamento, como as utilizadas para associar grupos homogêneos em determinadas características e incluí-las nos modelos analíticos como fonte de variação. Neste particular, a principal codagem foi utilizada para caracterizar a suplementação das dietas com RAC (controle ou suplementados). Outras codagens foram utilizadas como variáveis moderadoras

nas análises, com o objetivo de considerar a variabilidade dos estudos compilados. Neste particular, a principal codagem foi para o efeito de artigo (ou efeito geral), em que números sequenciais específicos foram atribuídos para cada estudo na base de dados.

Algumas variáveis foram derivadas de valores apresentados nos estudos. Neste particular, foram criadas colunas com valores de peso metabólico e valores médios para peso vivo e idade dos animais. Os resultados de desempenho (consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e peso vivo final) dos animais suplementados foram comparados com os respectivos grupos controle para criar colunas na base de dados com a variação (Δ) percentual observada em cada tratamento/linha (variação do tratamento/linha suplementado em relação ao respectivo tratamento/linha controle dentro de cada estudo). A partir das informações de consumo de ração e de composição das dietas, também foram calculados os consumos médios dos principais nutrientes.

As variáveis analisadas foram: características experimentais (período experimental e de fornecimento das dietas suplementadas, inclusão da RAC nas dietas, idade, peso vivo e sexo), a composição nutricional das dietas, o consumo de nutrientes, o desempenho produtivo e algumas características de carcaça (quando disponíveis).

A meta-análise foi realizada segundo Lovatto *et al.* (2007) e seguiu três análises sequenciais: gráfica (para observar a coerência biológica dos dados), de correlação (entre as diversas variáveis, para identificar os fatores relacionados na base) e de variância-covariância (para comparar grupos e obter equações de predição). Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa Minitab 18 (Minitab Inc., State College, PA).

4 RESULTADOS

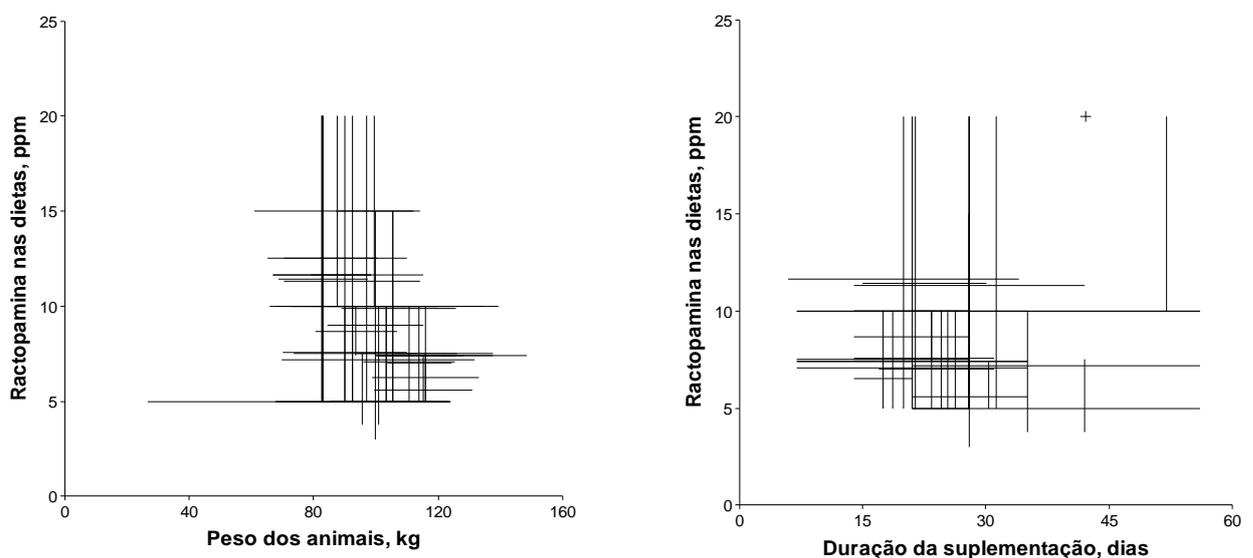
A concentração de RAC incluída na dieta e a duração do tratamento são fatores essenciais para a obtenção de resultados. Na Figura 1, cada experimento é indicado por uma cruz, cuja linha horizontal indica a duração da suplementação utilizada e o peso dos animais em cada experimento, a linha vertical indica a margem de utilização de RAC (ppm) na dieta.

Nos estudos incluídos na base de dados, as concentrações mínimas de RAC testadas (nos tratamentos suplementados) foram de 5 ppm e as concentrações máximas não ultrapassaram 20 ppm. Estas doses estão de acordo com as principais práticas de suplementação utilizadas na suinocultura comercial.

Em relação ao tempo de adição da RAC, o menor período experimental foi de 6 dias de duração, enquanto o maior período de duração foi de 56 dias. A margem de dias com adição de RAC observados foram de 10 a 60 dias.

Os animais utilizados nos experimentos, em sua maioria, pesavam de 60 a 150 kg de peso vivo.

Figura 1 - Relação entre as concentrações de ractopamina testadas com o peso dos animais e a duração dos estudos que compõem a base de dados¹



¹ Cada linha representa a amplitude testada em um estudo da base de dados

Quanto as variáveis de desempenho, foi observado efeito ($P < 0,05$) da adição da RAC (Tabela 1). O consumo médio diário de ração (CMD) do grupo controle foi de 3 kg/dia de ração por animal, quando os animais foram suplementados com RAC o CMD diminui 1,43% em relação ao grupo controle. A relação entre a variação do CMD (Tabela 2) foi estudada em relação ao desempenho observado nos tratamentos controle ($y = 9,63 - 3,667 x$, $R^2 = 0,60$; onde y é a variação no desempenho dos animais suplementados com RAC em relação ao controle, expresso em percentual; e x é o CMD do controle, expresso em kg/dia). A equação mostra que à medida que há um aumento da variável CMD do grupo controle, a variação do efeito da RAC em função do controle diminui (Figura 2).

Tabela 1 - Efeito da suplementação com ractopamina sobre as variáveis de desempenho, rendimento e coloração de carcaça de suínos.

Variável	Controle		Efeito da ractopamina sobre o controle ¹		
	Média	SEM	Média, %	SEM	P
CMD, kg dia	3,00	0,02	-1,43	0,27	0,004
GMD, kg dia	0,96	0,02	13,42	0,59	<0,001
CA, kg/kg	3,14	0,02	-12,56	0,42	0,001
PCF, kg	87,77	2,46	5,52	0,58	0,224
PCQ, kg	86,32	0,89	3,94	0,66	0,585
RPCQ, %	75,20	0,31	0,73	0,12	0,098
PCM, %	54,84	0,48	2,20	0,21	0,533
RCF, %	76,33	0,36	0,82	0,18	0,314
PM, mm	61,09	0,49	4,66	0,21	0,293
ET, mm	16,61	0,57	-8,66	0,97	0,417
CC, cm	85,83	2,33	-0,15	0,29	0,365
AOL, cm ²	43,24	0,84	9,72	0,62	0,048
Escore de cor					
L*	51,12	0,5	0,20	0,25	0,348
a*	8,38	0,41	-10,77	1,55	0,005
b*	8,10	0,71	-12,31	2,08	0,076

¹ Efeito expresso como alteração percentual relativa

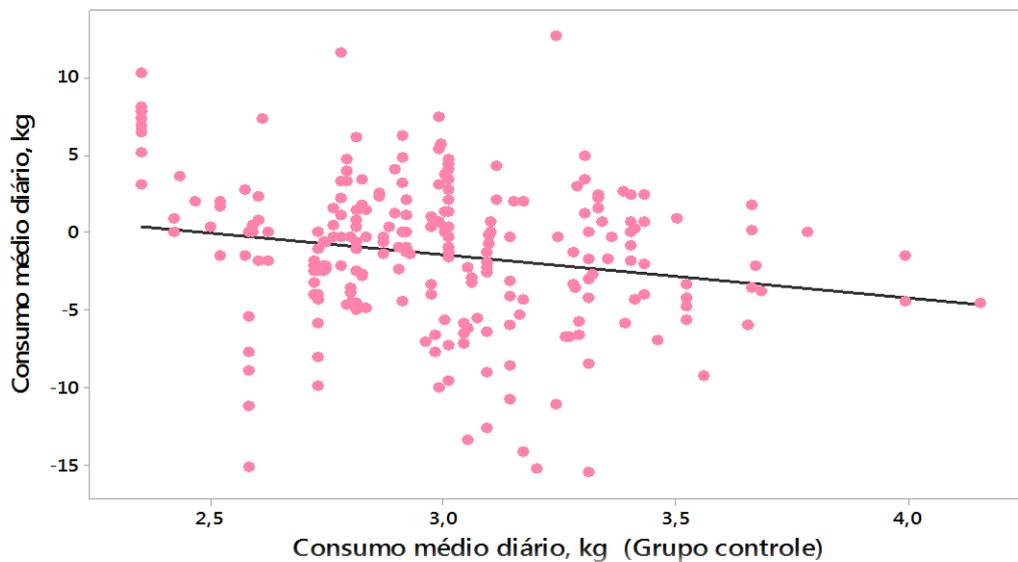
Fonte: a própria autora

Tabela 2 - Variação no efeito da adição da ractopamina (y, expresso em %) em função do desempenho do grupo controle (x).

	Modelo	R ²
CMD, kg dia	$y = 9,63 - 3,667 x$	50,60
GMD, kg dia	$y = 36,32 - 23,72 x$	54,08
CA, kg/kg	$y = 3,60 - 5,22 x$	47,70
PCQ, kg	$y = 1,95 + 0,01 x$	44,66
PCF, kg	$y = -6,83 + 0,11 x$	33,54
RPCQ, %	$y = 5,48 - 0,06 x$	53,22
RCF, %	$y = -10 + 0,14 x$	23,08
PCM, %	$y = 4,62 - 0,04 x$	86,71
PM, mm	$y = 19,66 - 0,26 x$	56,48
ET, mm	$y = -11,88 + 0,22 x$	64,59
CC, cm	$y = 9,24 - 0,10 x$	82,37
AOL, cm ²	$y = 20,53 - 0,25 x$	52,82
L*	$y = -3,15 + 0,06 x$	1,63
a*	$y = -29,39 + 1,95 x$	89,59
b*	$y = -21,01 + 1,25 x$	94,71

Fonte: a própria autora

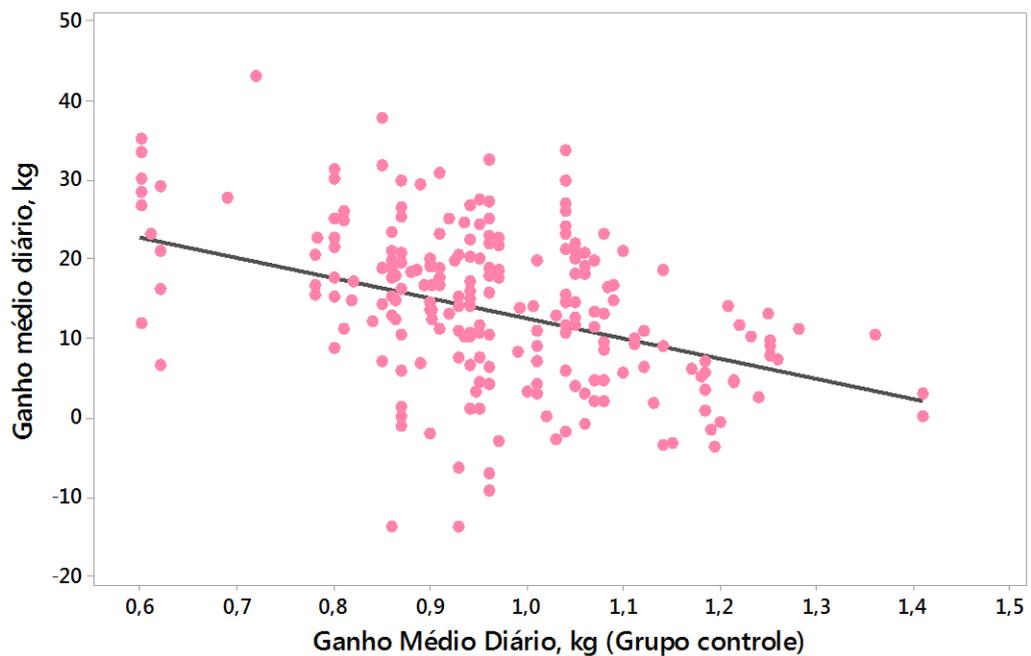
Figura 2 - Dispersão de variação do consumo médio diário de ração dos animais alimentados com dietas contendo ractopamina em função do consumo médio diário de ração do grupo controle utilizando a equação $y = 9,63 - 3,667 x$, $R^2 = 0,60$.



Fonte: a própria autora

O ganho médio diário de peso (GMD) do grupo controle foi de 0,96 kg/dia, sendo que a adição da RAC aumentou em média 13,42% o GMD em relação ao grupo controle. A relação entre o GMD do grupo controle e o efeito da ractopamina foi estudada e é representada pela equação: $y = 36,32 - 23,72 x$, $R^2 = 54,08$. À medida que aumenta o GMD do grupo controle aumenta em 1 kg, o efeito relativo da adição da RAC diminui em 23,72% (Figura 3). Ou seja, quanto maior é o ganho de peso do grupo controle, menor é o efeito da RAC. Com o aumento linear do GMD do controle, faz com que, em determinado ponto, a adição da RAC se torne nula.

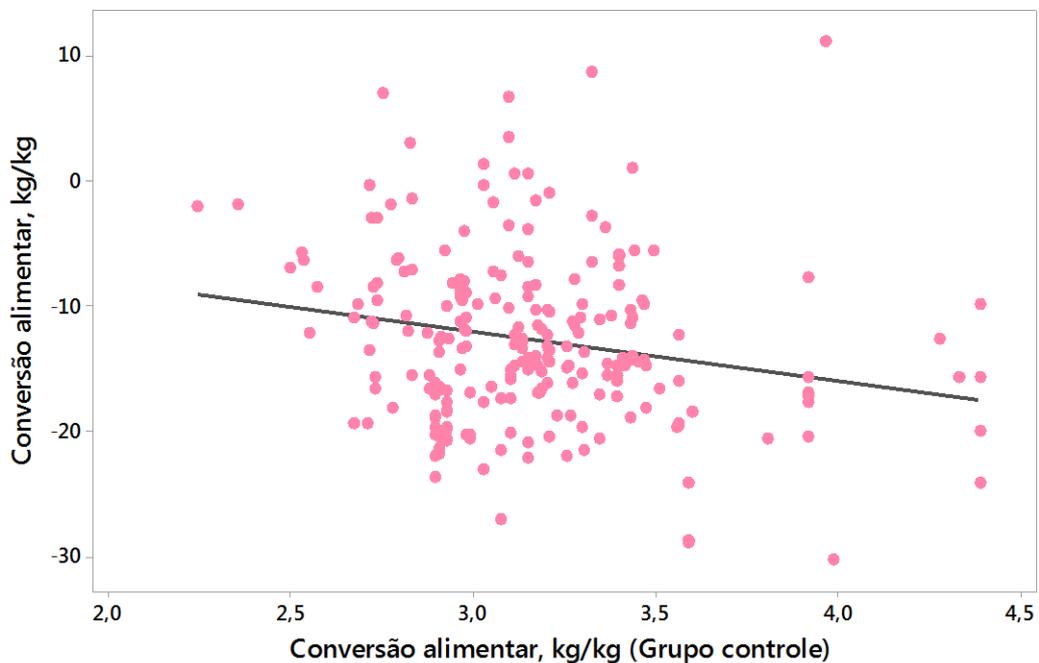
Figura 3 - Dispersão de variação de ganho médio diário de peso dos animais alimentados com dietas contendo ractopamina em função do ganho médio diário de peso do grupo controle utilizando a equação $y = 36,32 - 23,72 x$, $R^2 = 0,54$.



Fonte: a própria autora

A conversão alimentar (CA) média do grupo controle foi de 3,14 kg/kg. A adição de RAC nas dietas de suínos melhorou a CA. O efeito da RAC comparado ao grupo controle causou uma redução de 12,56% na CA média dos suínos (Figura 4). A relação entre variação da CA e o desempenho do grupo controle foi expressa pela equação: $Y = 3,60 - 5,22 x$, $R^2 = 47,70$.

Figura 4 - Dispersão de variação de conversão alimentar dos animais alimentados com dietas contendo ractopamina em função da conversão alimentar do grupo controle utilizando a equação $y = 3,60 - 5,22 x$, $R^2 = 0,48$.



Fonte: a própria autora

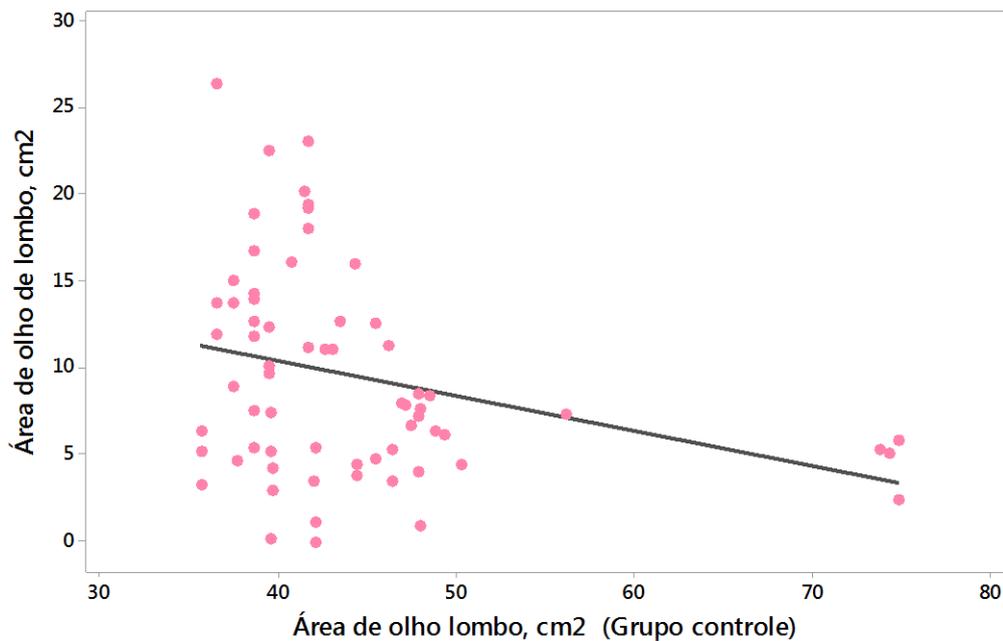
Os resultados estão de acordo com a expectativa do uso de “agentes de partição”, que é produzir melhora de eficiência alimentar. Os mecanismos de ação que melhoram o desempenho de GMD e CA são o estímulo dos agonistas β -adrenérgicos para aumento de fluxo sanguíneo, e com isso maior aporte de nutrientes para a síntese de proteínas no músculo esquelético, redução da lipogênese e a diminuição da degradação proteica pela inibição da ação das calpaínas (MERSMANN, 1998; VEDOVATTO *et al.*, 2014).

Não foi constatado efeito ($P > 0,05$) da adição de RAC sobre características de carcaça, como peso de carcaça quente e fria, rendimento de carcaça quente e fria,

porcentagem de carne magra, profundidade de músculo, espessura de toucinho e comprimento de carcaça.

Foi observado efeito ($P < 0,05$) da adição da RAC na característica de área de olho de lombo, que teve média de 43,24 cm² no grupo controle e, com efeito da adição de RAC, aumentou em média 9,72%. Segundo Cantarelli *et al.* (2009), este resultado está de acordo com a maioria dos trabalhos que analisaram esta variável, visto que a RAC influencia o aumento da síntese de proteína muscular.

Figura 5 - Dispersão de variação de área de olho de lombo dos animais alimentados com dietas contendo ractopamina em função da área de olho de lombo do grupo controle utilizando a equação $y = 20,53 - 0,25 x$, $R^2 = 0,53$.



Fonte: a própria autora

Sobre o escore de cor, não foi constatado efeito ($P > 0,05$) da adição da RAC quanto a luminosidade (L) ou coordenada cromática amarelo/azul (b^*), embora tenha sido observado efeito ($P < 0,05$) de redução na coordenada cromática vermelho/verde (a^*). Agostini *et al.* (2011) encontrou resultados similares em seu experimento e afirma que o menor valor de a^* na carne de suínos tratados com RAC é causado pela diminuição na quantidade de mioglobina oxigenada na carne. De acordo com Schinckel *et al.* (2001), a RAC não exerce nenhum

impacto significativo sobre a qualidade da carne suína, inclusive a cor, o marmoreio e a firmeza e os valores de cor de Hunter.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ractopamina influencia especialmente a célula adiposa e muscular, porém o efeito deste aditivo é variável diante de fatores como genética, tempo de suplementação, dosagem e características do programa nutricional. A meta-análise permitiu estudar o tema de forma sistemática e os resultados obtidos pela nova abordagem mostram que a adição de ractopamina na alimentação de suínos tem efeito positivos em variáveis de desempenho como consumo médio diário de ração, ganho médio diário de peso e conversão alimentar.

Neste estudo, não foi constatado efeito da adição de ractopamina sobre características de carcaça como peso de carcaça quente e fria, rendimento de carcaça quente e fria, porcentagem de carne magra, profundidade de músculo, espessura de toucinho e comprimento de carcaça. Porém, foi observado efeito da adição da RAC na característica de carcaça área de olho de lombo.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, P. S. *et al.* Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, n. 231, p. 659-670, Set. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2018**: relatoria anual de atividades 2017. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>> Acesso em: 6 out. 2018.
- BARK, L.J. *et al.* Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p.3391-3400, Nov. 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004. Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=133040692>> Acesso em: 22 out. 2018.
- CANTARELLI, V.S. *et al.* Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n. 3, p.844-851, 2009.
- DA SILVA, C. A. Aditivos, promotores de crescimento e repartidores de nutrientes. *In*: **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília, DF: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2014. cap. 16, p. 707-726. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Livro_producao_bloq.pdf>. Acesso em: 6 out. 2018.
- LOVATTO, P.A. *et al.* Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [online], v.36, p.285-294, 2007.
- MERSMANN, H. J. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 76, n. 1, p.160-172, Jan. 1998.
- MOODY, D.E.; HANCOCK, D.L.; ANDERSON, D.B. Phenethanolamine repartitioning agents. *In*: MELLO, J. P. F. D. (Ed.). **Farm animal metabolismo and nutrition**. New York: CAB, 2000. cap. 4, p. 65-95.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nonnutritive feed additives. *In*: _____. 11th ed. Washington, DC: National Academy Press, 2012. cap. 10, p. 165-176.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Meat. *In*: **Agricultural outlook 2018-2027**. Paris: OECD Publishing, 2017. cap. 6, p.149-162. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/i9166e/i9166e_Chapter6_Meat.pdf> Acesso em: 27 set. 2018.
- PALERMO NETO, J. Considerações gerais sobre o uso de agentes que alteram a produção animal. *In*: SPINOSA, H.S.; GORNIK, S.L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. cap. 48, p. 561-569.

PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores β 2-adrenérgicos e produção animal. *In*: SPINOSA, H.S.; GORNIK, S.L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. cap. 50, p. 545-557.

ROPPA, L. **Carne suína**: mitos e verdades. [S.l.: s. n., 1998?]. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/099_5.pdf>. Acesso em: 22 set. 2018.

ROSSI, C. A. R. *et al.* Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho e características de carcaça. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2343-2349, 2010.

SCHINCKEL, A. P. *et al.* Efeitos da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. *In*: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p. 324-335. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_schinckel_2_pt.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; WELDON, W.C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 2474-2480, Aug. 2004.

VEDOVATTO, M. *et al.* Agonistas beta-adrenérgicos como aditivo para bovinos de corte. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 4, p. 396-406, 2014.

WATANABE, P.H. *et al.* Qualidade da carne de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de ractopamina na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 5, p. 1381-1388, 2012.